

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 1 月 29 日 (29.01.2004)

PCT

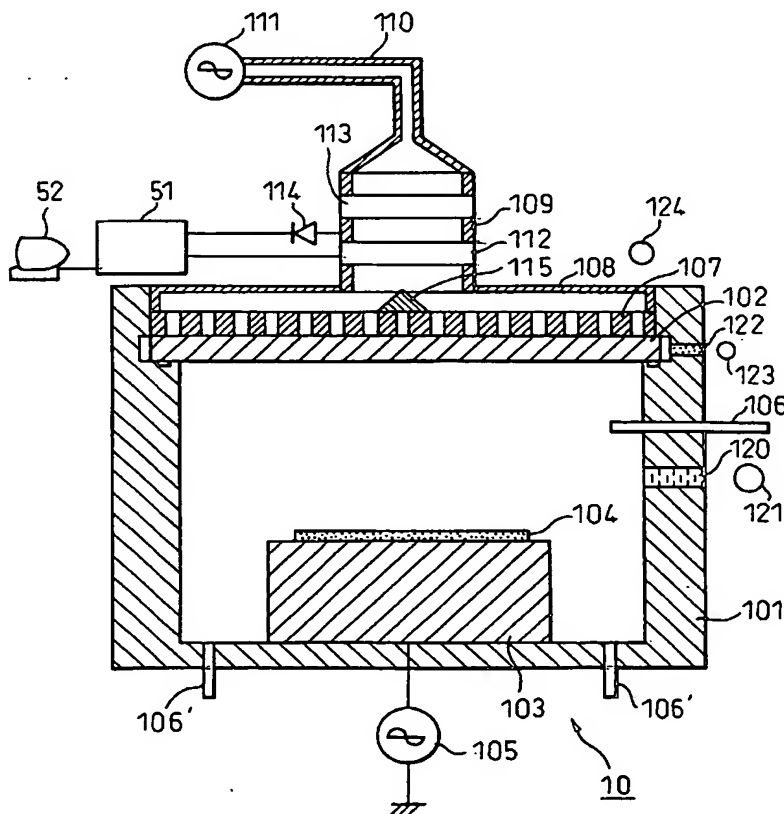
(10) 国際公開番号
WO 2004/010746 A1

- (51) 国際特許分類⁷: H05H 1/00, 1/46, H01L 21/205, C23C 16/511
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/009404
- (22) 国際出願日: 2003 年 7 月 24 日 (24.07.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-215503 2002 年 7 月 24 日 (24.07.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒107-8481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo (JP). 日本高周波株式会社 (NIHON KOSHUHA CO., LTD.) [JP/JP]; 〒226-0011 神奈川県横浜市緑区中山町1119 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 石井 信雄 (ISHII, Nobuo) [JP/JP]; 〒660-0891 兵庫県尼崎市扶桑町1-8 東京エレクトロン株式会社内 Hyogo (JP). 篠原 己拔 (SHINOHARA, Kibatsu) [JP/JP]; 〒226-0011 神奈川県横浜市緑区中山町1119 日本高周波株式会社内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒105-8423 東京都港区虎ノ門三丁目5番1号 虎ノ門37森ビル 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK,

[続葉有]

(54) Title: PLASMA PROCESSING DEVICE AND CONTROLLING METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置及びその制御方法



(57) Abstract: A detector detects a microwave quantity reflected from a processing container. A load-side impedance is calculated based on a reflected microwave to calculate an adjustment amount required to match it with a microwave oscillator-side impedance. Then, the calculated adjustment amount is multiplied by a specified number of less than one to output it as an adjustment signal. By repeatedly controlling a load matching unit by this adjustment signal, a load-side impedance gradually approaches an oscillator-side impedance to complete a matched condition.

(57) 要約: 検波器によって、処理容器から反射されるマイクロ波量を検出する。反射されたマイクロ波に基づいて負荷側インピーダンスを算出し、これをマイクロ波発振器側インピーダンスと整合させるための調整量を算出する。そして、算出された調整量を1未満の所定数倍して調整信号として出力する。この調整信号によって負荷整合器を制御することによって、負荷側インピーダンスは漸次に発振器側インピーダンスに近づき、整合状態が達成される。



SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ,
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許
(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告書

- 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受
領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

プラズマ処理装置及びその制御方法

発明の分野

本発明は半導体製造及び液晶ディスプレイパネル製造に使用されるプラズマ処理装置及びその制御方法に係り、特にマイクロ波発振器が発生するエネルギーを負荷である真空容器内部のプラズマ状態のガスに効率良く伝達できるマイクロ波プラズマ処理装置に関する。

背景技術

半導体製造過程において、ウエハ上に薄膜を形成するためにPVD、CVD等のプラズマ処理装置が使用されている。

プラズマ処理装置にも種々の形式が存在するが、マグネトロン等のマイクロ波発振器から導波管を介してアンテナにマイクロ波を導き、アンテナからマイクロ波を真空容器内に放射し、マイクロ波によってガス分子を励起してウエハ表面に薄膜を形成するマイクロ波プラズマ処理装置も多用されている。

このマイクロ波プラズマ処理装置にあつては、エネルギーの有効利用及び製品の高品質化の観点から、マイクロ波発振器が発生するマイクロ波を効率よく真空容器内部のプラズマに導くとともに、真空容器内の電界を均一にすることが重要である（特開2002-50613公報参照）。

ところでマイクロ波発振器が発生するエネルギーを効率よくプラズマに供給するためには、発振器側から見た負荷インピーダンス、即ちプラズマの等価インピーダンスと負荷側から発振器を見たインピーダンスが整合することが必要である。したがって、負荷側のイン

ピーダンスを調整して整合状態を達成するために発振器とアンテナの間に負荷整合器が設置されている。

しかしながら、プラズマの等価インピーダンスはプラズマ密度に応じて非線形に変化するため、負荷整合器の調整は容易でない。

発明の開示

本発明は上記課題に鑑みなされたものであって、マイクロ波発振器が発生するエネルギーを負荷である真空容器内部のガスに効率良く伝達することが可能なプラズマ処理装置及びその制御方法を提供することを目的とする。

本発明は、マイクロ波をプラズマ生成のために利用するプラズマ処理装置において、インピーダンスを調整可能な負荷整合器と、処理容器から反射されるマイクロ波を検出する検波器とを備え、検出器により検出されたマイクロ波に基づいて算出された処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合するように前記負荷整合器を段階的に制御するものである。

本発明によれば、インピーダンス整合が確実にとれ、マイクロ波発振器が発生するエネルギーを効率よく処理容器に伝達することが可能となる。

また、本発明においては、処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合するために必要な負荷整合器の調整量を算出して、算出された調整量の1未満の所定倍を調整信号として出力して、処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合するまで、調整信号に基づく負荷整合器の制御を段階的に繰返すものである。

倍数は可変であってもよく、調整量が大きいときは倍数を大きく、調整量が小さいときは倍数を小さくしてもよい。このようにして

、プラズマの状態の変化に起因して負荷側インピーダンスが変化した場合にも確実に整合を達成することが可能となる。

さらに、本発明によると、処理容器にプラズマが生成されていない場合には、算出され調整量をそのまま調整信号として出力し、プラズマが生成されている場合には調整量の1未満の所定倍を調整信号として出力することもできる。

この場合、プラズマ生成前は、プラズマ生成後より迅速に整合をとることが可能となる。

図面の簡単な説明

以下、本発明を添付の図面を参照しながら説明する。

図1は、本発明が適用されるプラズマ処理装置の断面図、

図2は、プラズマ密度 n_e とプラズマ誘電率 ϵ_p の関係を示すグラフ、

図3は、負荷整合器及び検波器を含む円形導波管部の第一の構成図、

図4は、スタブ調整の概念図、

図5は、第一の負荷整合器制御部の構成図、

図6は、負荷整合器制御ルーチンのフローチャート、

図7は、第二の負荷整合器制御部の構成図、及び

図8は、負荷整合器及び検波器を含む円形導波管部の第二の構成図である。

発明を実施するための最良の形態

図1は本発明が適用されるプラズマ処理装置の断面図であって、処理容器10は、有底円筒容器101とこの有底円筒容器101の蓋である石英板102で構成される。

処理容器 10 の内部には載置台 103 が設置され、その上に加工対象であるウェハ 104 が載置される。ウェハ 104 を載置台 103 に固定するために、載置台 103 内に静電チャックを設けてもよい。なお、この載置台 103 にはバイアス用高周波電源 105 が接続されている。

処理容器 10 の側壁には処理容器 10 内にガスを供給するガス供給管 106 が、底面にはガスを排出するガス排気管 106' が設置されている。

石英板 102 の上には平板スロットアンテナ 107 が設置され、平板スロットアンテナ 107 は円盤状のラジアル導波箱 108 で覆われている。

ラジアル導波箱 108 の中央には円形導波管 109 が接続され、円形導波管 109 は矩形導波管 110 を介してマイクロ波発振器 111 に接続される。

なお、円形導波管 109 のラジアル導波箱 108 側に負荷整合器 112 が、矩形導波管 110 側には円偏波変換器 113 が挿入されている。また負荷整合器 112 と円偏波変換器 113 の間には検波器 114 が設置される。

さらに平板スロットアンテナ 107 の中心にはマイクロ波を均等に分布させるために例えば金属製の円錐状のバンプ 115 が設置されている。

有底円筒容器 101 を石英板 102 で蓋をして真空にした後、ガス供給管 106 からガスを注入して平板スロットアンテナ 107 からマイクロ波を放射すると、ガス分子はプラズマ化される。

このプラズマの誘電率 ϵ_p は [数 1] で表される。

$$\varepsilon_p = 1 - \omega_c^2 / \omega^2$$

ここで ω_c はプラズマの固有角周波数

ω はマイクロ波電源の発振角周波数

ここでプラズマ角周波数 ω_c の自乗はプラズマ密度 n_e に比例するので [数 2] が成立する。

$$\omega_c^2 \propto n_e$$

ここで n_e はプラズマ密度

図 2 はプラズマ密度 n_e とプラズマ誘電率 ε_p の大略の関係を示すグラフであって、マイクロ波発振器の発振周波数を 2.45 GHz であるとする、プラズマ密度 n_e が 1 立方センチメートル当たり約 7×10^{10} のときプラズマ角周波数 ω_c とマイクロ波発振器 111 の発振角周波数は等しくなり、プラズマ誘電率 ε_p は零となる。また、プラズマの等価インピーダンス Z_p は大略プラズマ誘電率 ε_p の $-1/2$ 乗に比例するので、[数 3] が成立する。

$$Z_p \propto \varepsilon_p^{-1/2} = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_p}}$$

よって [数 1] ~ [数 3] より、[数 4] が成立する。

$$Z_p = \left\{ 1 - k \left(\frac{n_e}{\omega^2} \right) \right\}^{-\frac{1}{2}}$$

ただし、 k は比例定数

n_e はプラズマ密度

ω はマイクロ波発振器の発振周波数

このように、プラズマの等価インピーダンス Z_p は、プラズマ密度 n_e の関数となる。従って、プラズマインピーダンスを含む処理容器側インピーダンスをマイクロ波発振器側インピーダンスと整合させるために処理容器側インピーダンスに対応して算出された量だけ負荷整合器を操作すると、処理容器内のプラズマ状態が変化しプラズマの等価インピーダンスが変化してしまい、負荷整合器の調整量を再度変更することが必要となる。

また、処理容器内のプラズマの等価インピーダンスは〔数４〕に示すようにプラズマ密度の非線形関数として表されるので、一回の負荷整合器の操作で整合状態を実現することは困難な場合がある。

そこで、本発明では検波器 １１４ と負荷整合器 １１２ を、制御部を介して結合することによって漸次整合状態を達成する。

図３は負荷整合器及び検波器を含む円形導波管の第一の構成図であって、負荷整合器 １１２ はスタブ型である。円形導波管 １０９ の軸方向に進行するマイクロ波の管内波長 λ_g の $1/4$ の間隔を隔てて設置された３つのスタブ １１２１、１１２２、１１２３を一つのスタブ群 １１２ とするスタブ群が、円形導波管 １０９ の周上に 90° 度間隔に四組設置される。

各スタブ群のそれぞれのスタブは、例えばパルスモータとラック

・ピニオンで構成される駆動機構によって円形導波管 109 の半径方向に挿入・引き抜きが可能な構成となっている。

即ち、スタブ 1121、1122、1123 の円形導波管 109 への挿入量 x_1 、 x_2 、 x_3 を調整し、負荷側、即ち処理容器 101 側で反射されて戻ってくるマイクロ波のうち負荷側に再反射する割合を変更することにより、負荷側のインピーダンスを調整することができる。

円形導波管 109 の負荷調整器 112 の上流側には検波器 114 が配置されるが、検波器 114 は負荷整合器 112 と同じく円形導波管 109 の軸方向に進行するマイクロ波の管内波長 λ_g の $1/8$ の間隔を隔てて設置された 3 つの検波素子 1141、1142、1143 を一つの検波素子群 114 とする検波素子群が、円形導波管 109 の周上に 90 度間隔に四組又は 90 度異なる位置に二組設置される。

3 つの検波素子 1141、1142、1143 によって検出される電圧を v_1 、 v_2 、 v_3 とすれば、[数 5] が成立する。

$$v_1 = K |v_i|^2 (1 + \Gamma^2 + 2|\Gamma| \cos \theta)$$

$$v_2 = K |v_i|^2 (1 + \Gamma^2 - 2|\Gamma| \sin \theta)$$

$$v_3 = K 4 |v_i|^2 (1 + \Gamma^2 - 2|\Gamma| \cos \theta)$$

ここで、 v_i はマイクロ波発振器の出力電圧
 Γ は反射係数
 θ は位相

従って3つの検波素子1 1 4 1, 1 1 4 2, 1 1 4 3で検波電圧 v_1 、 v_2 、 v_3 が検出されれば、反射係数 Γ 及び位相 θ を算出することができる。

この反射係数 Γ 、位相 θ 及びスタブ位置に基づいて各スタブ1 1 2 1、1 1 2 2、1 1 2 3のリアクタンスが計算できるので負荷側のインピーダンスを算出することができる。

その後負荷側のインピーダンスがマイクロ波発振器側のインピーダンスと整合するスタブの挿入位置を算出し、現在の挿入位置からの偏差を求め、この偏差に基づいてスタブを操作する。

図4はスタブ調整の概念図であって、スタブ挿入量 x_1 、 x_2 、 x_3 を右手三次元座標系の各軸にとる。

検波器から処理容器側を見たときのインピーダンス Z_L は、[数6]に示すようにプラズマ誘電率 ϵ_p だけでなくスタブ挿入量 x_1 、 x_2 、 x_3 の関数として表される。

$$Z_L = Z_L(x_1, x_2, x_3, \epsilon_p)$$

即ち、スタブ調整は、三次元座標系において各軸成分が(x_{10} , x_{20} , x_{30})であるベクトルとして表される検波器から処理容器側を見たときのインピーダンス Z_{L0} を、各軸成分が(x_{1N} , x_{2N} , x_{3N})であるベクトルとして表される整合インピーダンス Z_{LN} に移動させる操作と考えることができる。

そして、二つのベクトル(x_{10} , x_{20} , x_{30})及び(x_{1N} , x_{2N} , x_{3N})の各成分が既知であれば、インピーダンス Z_{L0} を整合インピーダンス Z_{LN} まで移動させる操作ベクトルは一義的に決定される。

しかし、前述したように検波器から処理容器側を見たときのインピーダンス Z_L はプラズマ誘電率 ϵ_p の関数でもあるから、破線で示

すように初期位置 (x_{10}, x_{20}, x_{30}) から最終位置 (x_{1N}, x_{2N}, x_{3N}) まで直接移動させると、移動中にプラズマ誘電率 ϵ_p が変化し、その結果処理容器側を見たときのインピーダンス Z_L が変化するので、整合状態となることは保証されない。

そこで本発明では、実線で表されるように負荷インピーダンスを監視しながら徐々にスタブ挿入量を調節して、最終的に整合状態を達成するようにしている。

即ち、初期位置 (x_{10}, x_{20}, x_{30}) を最終位置 (x_{1N}, x_{2N}, x_{3N}) に移動させる操作ベクトルを求め、負荷側インピーダンスを初期位置 Z_{L0} から操作ベクトルの 1 未満の所定倍だけ移動させる。

以後移動後の負荷インピーダンスを初期位置として上記手順を繰り返すことにより最終的に整合状態を達成する。

図 5 は本発明に係るプラズマ処理装置に適用される第一の負荷整合器制御部の構成図であって、検波素子 1141、1142 及び 1143 の出力は制御部 51 に取り込まれる。また、スタブ 1121、1122 及び 1123 の挿入量を調整するアクチュエータ 521、522 及び 523 は制御部 51 から出力される操作信号によって駆動される。

制御部 51 は、例えばマイクロコンピュータシステムであり、端末 53 を介して操作される。

図 6 は制御部 51 で実行される負荷整合器制御ルーチンのフローチャートであって、所定の時間間隔ごとに割り込み処理として実行される。

まず、ステップ 60 で検波器 114 を構成する 3 つの検波素子 1141、1142 及び 1143 の出力電圧 v_1 、 v_2 、 v_3 を読み込み、ステップ 61 で [数 4] を使用して反射係数 Γ 及び位相差 θ を算出する。

ステップ 6 2 でスタブ位置に基づいて各スタブ 1 1 2 1、1 1 2 2 及び 1 1 2 3 のリアクタンスを求める。

次にステップ 6 3 で反射係数 Γ 及び位相差 θ を使用して、3 つのスタブ 1 1 2 1、1 1 2 2 及び 1 1 2 3 が $1/4$ 波長間隔で配置されていることを考慮して検波器 1 1 4 から負荷側を見たインピーダンス、即ち処理容器 1 0 1 内のプラズマ、平面スロットアンテナ 1 0 7、ラジアル導波管 1 0 8、及び負荷整合器 1 1 2 の合成インピーダンス Z_L を算出する。

ステップ 6 4 で検波器 1 1 4 からマイクロ波発振器 1 1 1 を見たインピーダンス Z_S と整合する整合負荷側インピーダンス Z_{LN} を算出し、ステップ 6 5 で整合負荷側インピーダンス Z_{LN} を実現する整合スタブ挿入量 x_{1N} 、 x_{2N} 、 x_{3N} を算出する。

ステップ 6 6 で現在のスタブ挿入量 (x_1 、 x_2 、 x_3) と整合スタブ挿入量 (x_{1N} 、 x_{2N} 、 x_{3N}) の差である挿入量偏差 (Δx_1 、 Δx_2 、 Δx_3) を算出する。

そしてステップ 6 7 で挿入量偏差 (Δx_1 、 Δx_2 、 Δx_3) が予め定められた閾値 E 未満であるかを判定する。

そして、ステップ 6 7 で否定判定されたとき、即ち挿入量偏差 (Δx_1 、 Δx_2 、 Δx_3) が予め定められた閾値 E 以上であるときは、ステップ 6 8 で挿入量偏差 (Δx_1 、 Δx_2 、 Δx_3) の m (ただし、 $m < 1.0$ であり、例えば 0.5) 倍を操作信号として出力してこのルーチンを終了する。すると、パルスモータ 5 2 1、5 2 2 及び 5 2 3 はこの操作信号に応じて回転し、スタブ 1 1 2 1、1 1 2 2 及び 1 1 2 3 の挿入量が調節される。

逆にステップ 6 7 で肯定判定されたとき、即ち挿入量偏差 (Δx_1 、 Δx_2 、 Δx_3) が予め定められた閾値 E 未満であるときは整合が達成されたものとして、操作信号を出力せずに直接このルーチン

を終了する。この場合はスタブの挿入量は変化せず整合状態が維持される。

上記方法によれば確実に整合状態に到達可能であるが、処理容器 101 内にプラズマが形成される前は負荷側のインピーダンスはほぼ一定であるにも係らず、スタブの挿入量が制限されて整合状態に到達するまでに時間を要する。

そこで、プラズマ形成前は $m = 1.0$ としてスタブの挿入量を大きくして整合状態に到達するまでの時間を短縮し、プラズマ形成後は $m < 1.0$ として確実に整合状態に到達するようにしてもよい。

プラズマが形成されことは、処理容器側壁に石英ガラスをはめ込んだ窓 120 (図 1) を介して光電素子 121 によりプラズマ光を検出することにより判定可能である。即ち、光電素子 121 がプラズマ光を検出していないときは $m = 1.0$ とし、プラズマ光を検出後は $m < 1.0$ とすればよい。

上記制御部は一台のマイクロコンピュータで全ての機能を実行するため、負荷整合器制御ルーチンの実行間隔をある程度短くしなければ、整合状態に到達するまでの時間が一層長くなってしまう。

図 7 は本発明に係るプラズマ処理装置に適用される第二の負荷整合器制御部の構成図であって、上記課題を解決するために、制御部を階層構成としている。

即ち制御部 51 は、演算部 510 と三台の位置制御部 511、512、513 で構成されている。

さらに、スタブ 1121、1122、1123 の挿入量を調節する三台のパルスモータ 521、522、523 にロータリーエンコーダ 541、542、543 が直結されている。

そして、ロータリーエンコーダ 541、542、543 で検出されるスタブの挿入量は対応する位置制御部 511、512、513

にフィードバックされるほか、演算部 5 1 0 にも取り込まれる。

本構成においては、負荷整合器制御ルーチンのステップ 6 0 ～ 6 7 までが演算部 5 1 0 で実行され、3つのスタブ 1 1 2 1、1 1 2 2、1 1 2 3 に対する操作指令を各位置制御部 5 1 1、5 1 2、5 1 3 に出力する。

各位置制御部 5 1 1、5 1 2、5 1 3 は、操作指令及びロータリーエンコーダ 5 4 1、5 4 2、5 4 3 で検出されるスタブの実際の挿入量に基づいてスタブ挿入量を制御する。

本構成によれば、演算部 5 1 0 は各パルスモータの動作が終了を待つことなく、各スタブの目標挿入量の算出及び各位置制御部 5 1 1、5 1 2、5 1 3 は各スタブの挿入量の制御に専念できるので、整合状態に迅速に到達することが可能となる。

このとき、偏差量が大きい時にモータ速度を大きく、偏差量が小さい時にモータ速度を小さくして、スタブの移動速度を大きく最終的には負荷整合までの時間を短くすることができる。

さらに上記実施形態にあつては、負荷整合器としてスタブ構造を使用しているが、他の形式を適用することも可能である。

図 8 は円形導波管部の第二の構成図であつて、負荷整合器はスタブ構造に代えてショートプランジャ構造を採用している。

即ち、円形導波管 1 0 9 には外側半径方向に延びる中空筒 8 1 1、8 1 2 及び 8 1 3 が取り付けられている。この中空筒 8 1 1、8 1 2 及び 8 1 3 の内部で金属板 8 2 1、8 2 2 及び 8 2 3 を移動させることによって、インピーダンスを調整することができる。

金属板はスタブと同じくラック・ピニオンとパルスモータによって駆動されるので、上記第一及び第二の負荷整合器制御部を適用できる。

請 求 の 範 囲

1. 処理容器と、
マイクロ波を生成するマイクロ波発振器と、
前記処理容器内に前記マイクロ波を放射するアンテナと、
前記マイクロ波発振器で発生した前記マイクロ波を前記アンテナに導く導波管と、
前記導波管に設置され、インピーダンスを調整可能な負荷整合器と、
前記導波管に設置され、前記処理容器から反射されるマイクロ波を検出する検波器と、
前記検出されたマイクロ波に基づいて算出された処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合するように前記負荷整合器を段階的に制御する制御部と
を具備するプラズマ処理装置。
2. 前記制御部が、前記処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合するために必要な前記負荷整合器の調整量を算出する負荷整合器調整量算出部と、
前記算出された調整量の1未満の所定倍を調整信号として出力する調整信号出力部とを備え、
前記処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合するまで、前記調整信号に基づく前記負荷整合器の制御を段階的に繰返す請求項1に記載のプラズマ処理装置。
3. 前記制御部が、前記処理容器内にプラズマが生成されたことを検出するプラズマ検出部をさらに具備し、
前記調整信号出力部が、前記プラズマ検出部によりプラズマが生成されていないと判定されたときには前記負荷整合器調整量算出部

で算出され調整量をそのまま調整信号として出力し、前記プラズマ検出部によりプラズマが生成されていると判定されたときには前記負荷整合器調整量算出部で算出された調整量の1未満の所定倍を調整信号として出力する請求項2に記載のプラズマ処理装置。

4. 前記制御部が、前記負荷整合器の調整位置を検出する調整位置検出器をさらに具備し、

前記制御部が、前記調整信号出力部から出力される前記調整信号と前記調整位置との差に応じて前記負荷整合器を制御する請求項2に記載のプラズマ処理装置。

5. 前記負荷整合器が、スタブ構造である請求項1に記載のプラズマ処理装置。

6. 前記負荷整合器が、ショートプランジャ構造である請求項1に記載のプラズマ処理装置。

7. 処理容器内にマイクロ波を放射して生成されるプラズマを利用するプラズマ処理装置の制御方法であって、

前記処理容器から反射されるマイクロ波に基づいて処理容器側インピーダンスを算出する段階と、

前記算出された処理容器側インピーダンスが発振器側インピーダンスと整合するために必要な処理容器側インピーダンスの調整量を算出する段階と、

前記算出された調整量の1未満の所定倍を調整信号として出力する段階と、

前記処理容器側インピーダンスがマイクロ波発振器側インピーダンスと整合するまで、前記出力される調整信号に基づく前記処理容器側インピーダンスの制御を繰り返し実行するプラズマ処理装置の制御方法。

8. 前記信号出力段階が、プラズマが生成されていないときには

前記算出された調整量をそのまま調整信号として出力し、プラズマが生成されているときには前記算出された調整量の 1 未満の所定倍を調整信号として出力する請求項 7 に記載のプラズマ処理装置の制御方法。

FIG.2

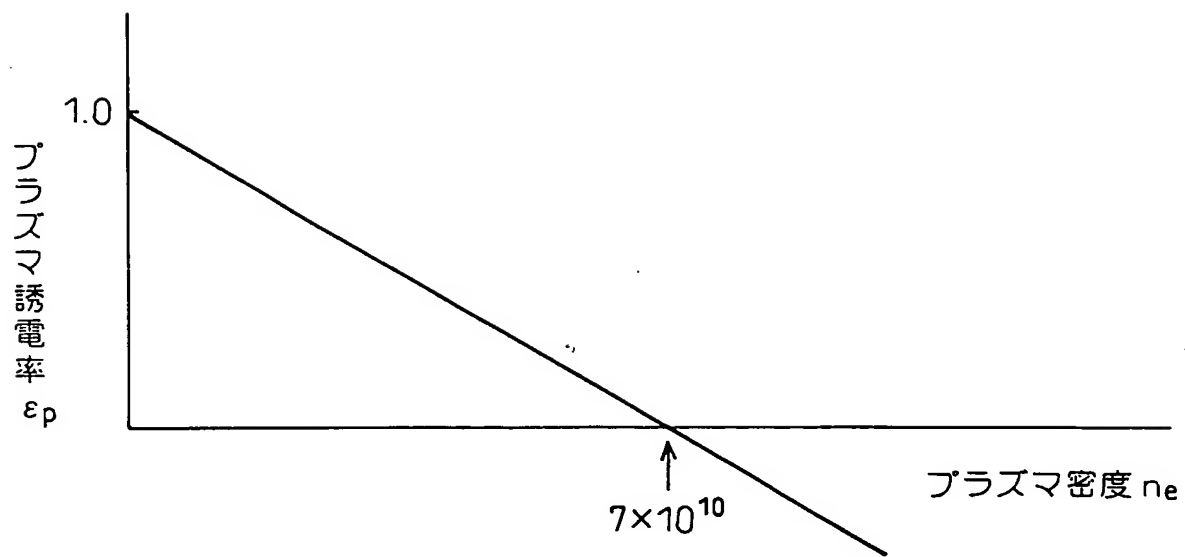


FIG. 3

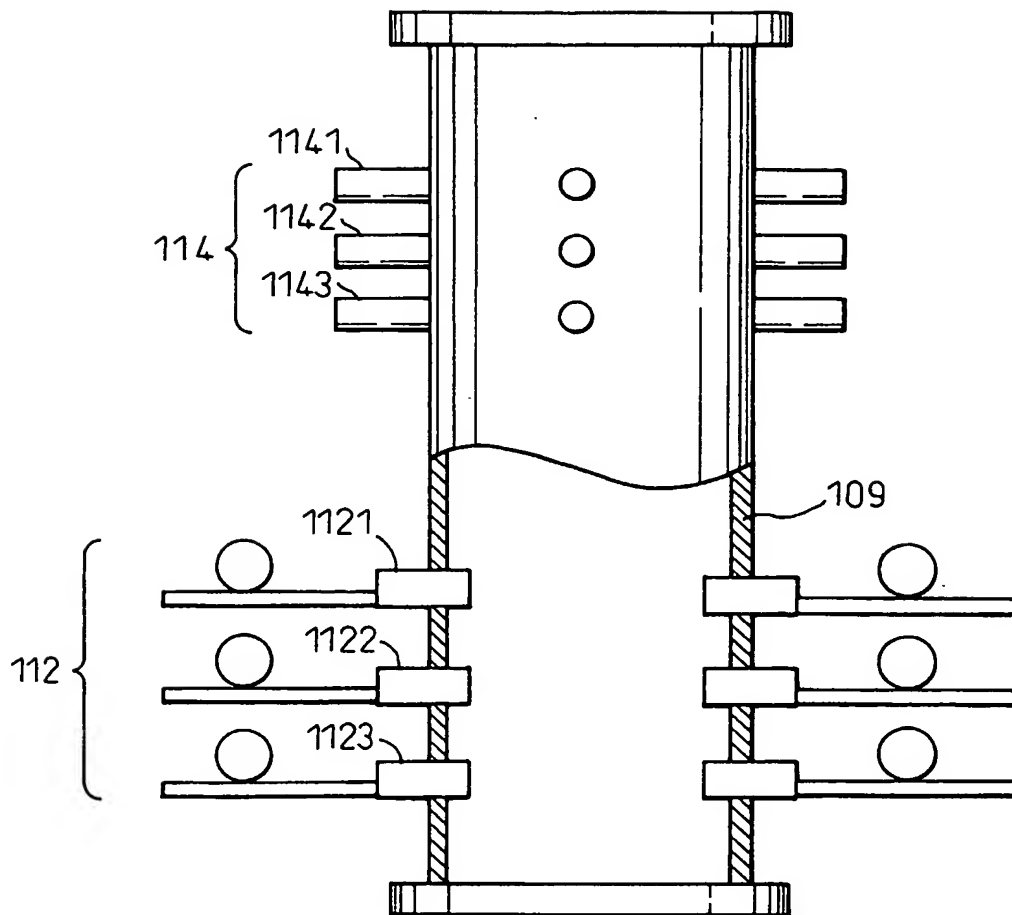


FIG. 4

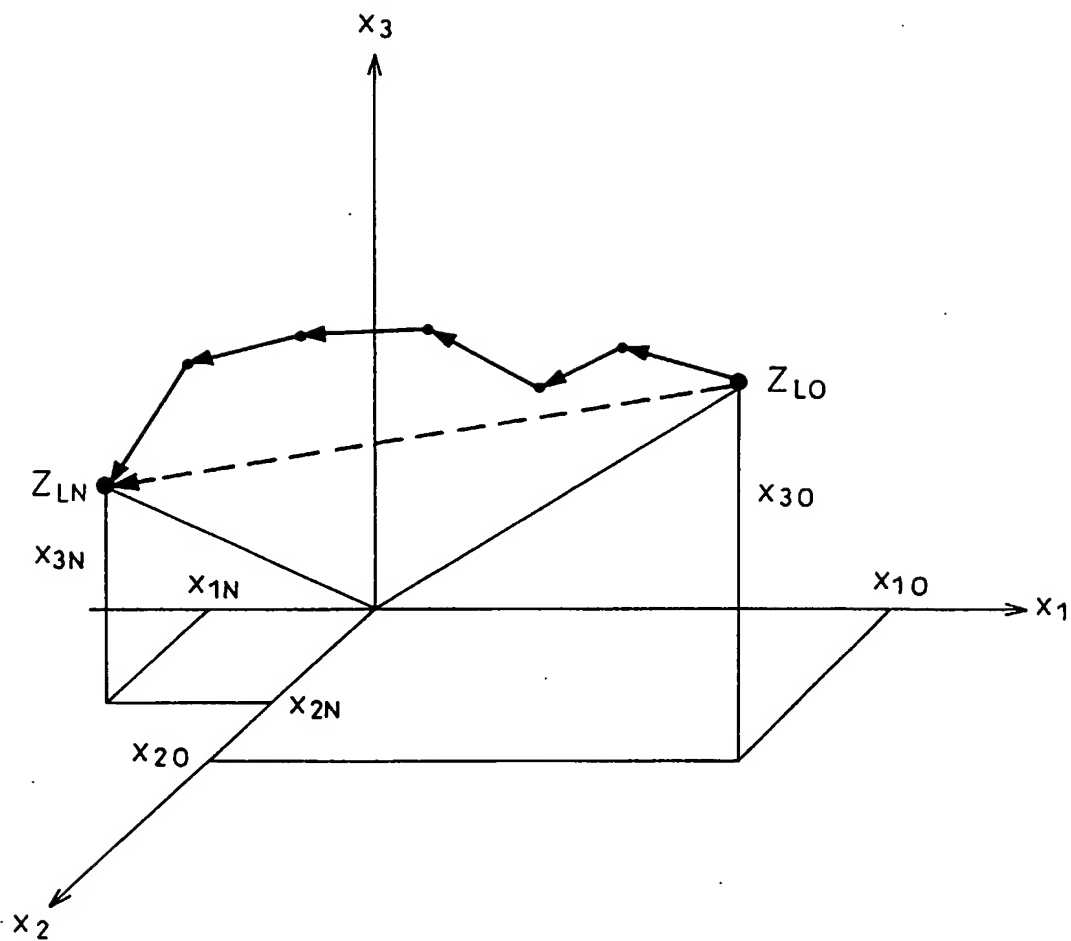


FIG. 5

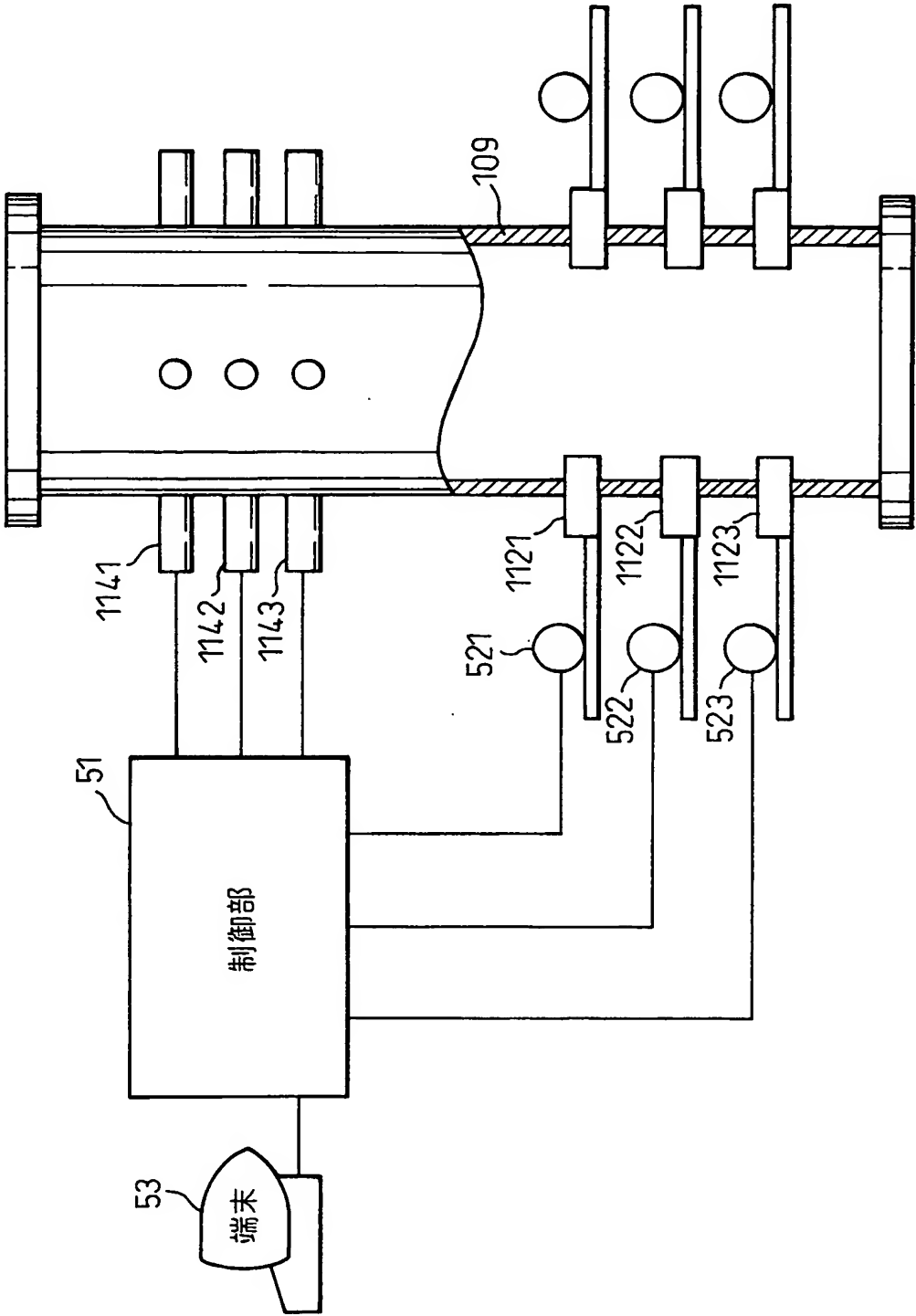


FIG. 6

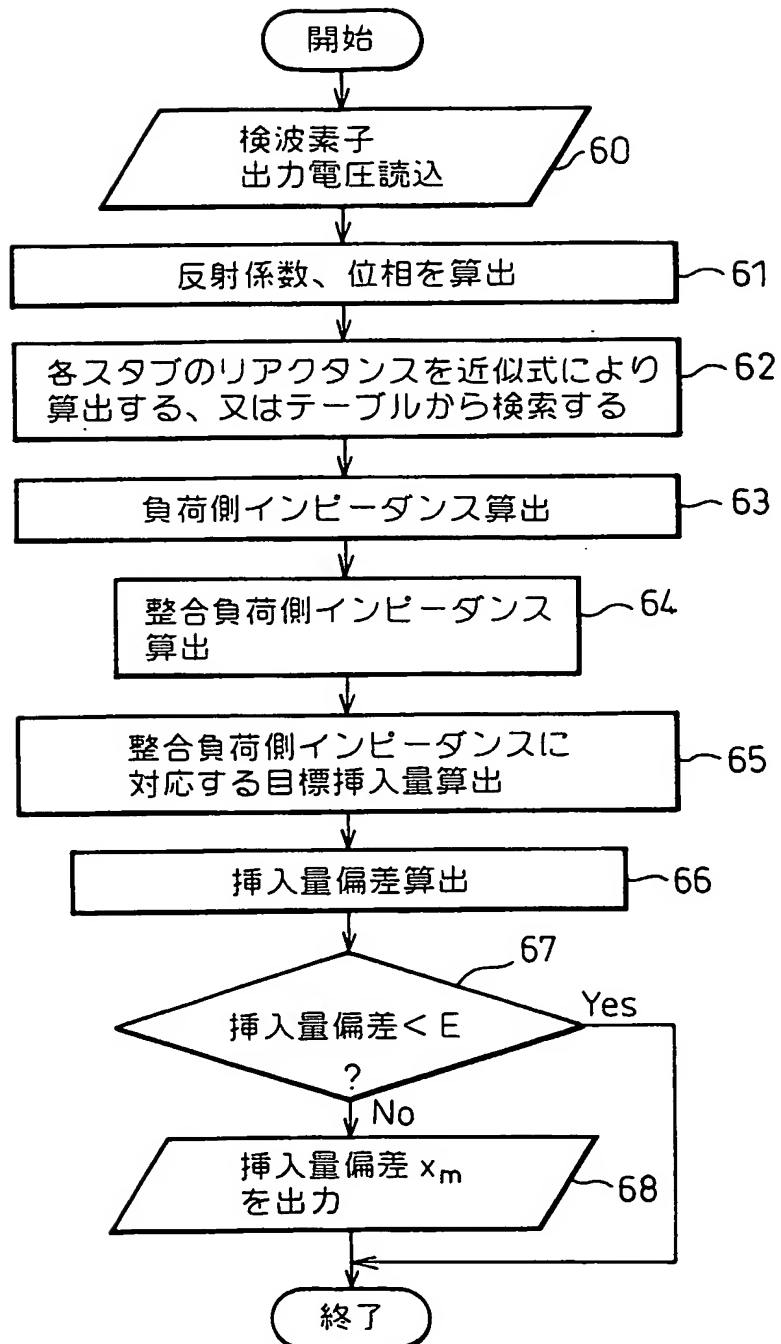


FIG.7

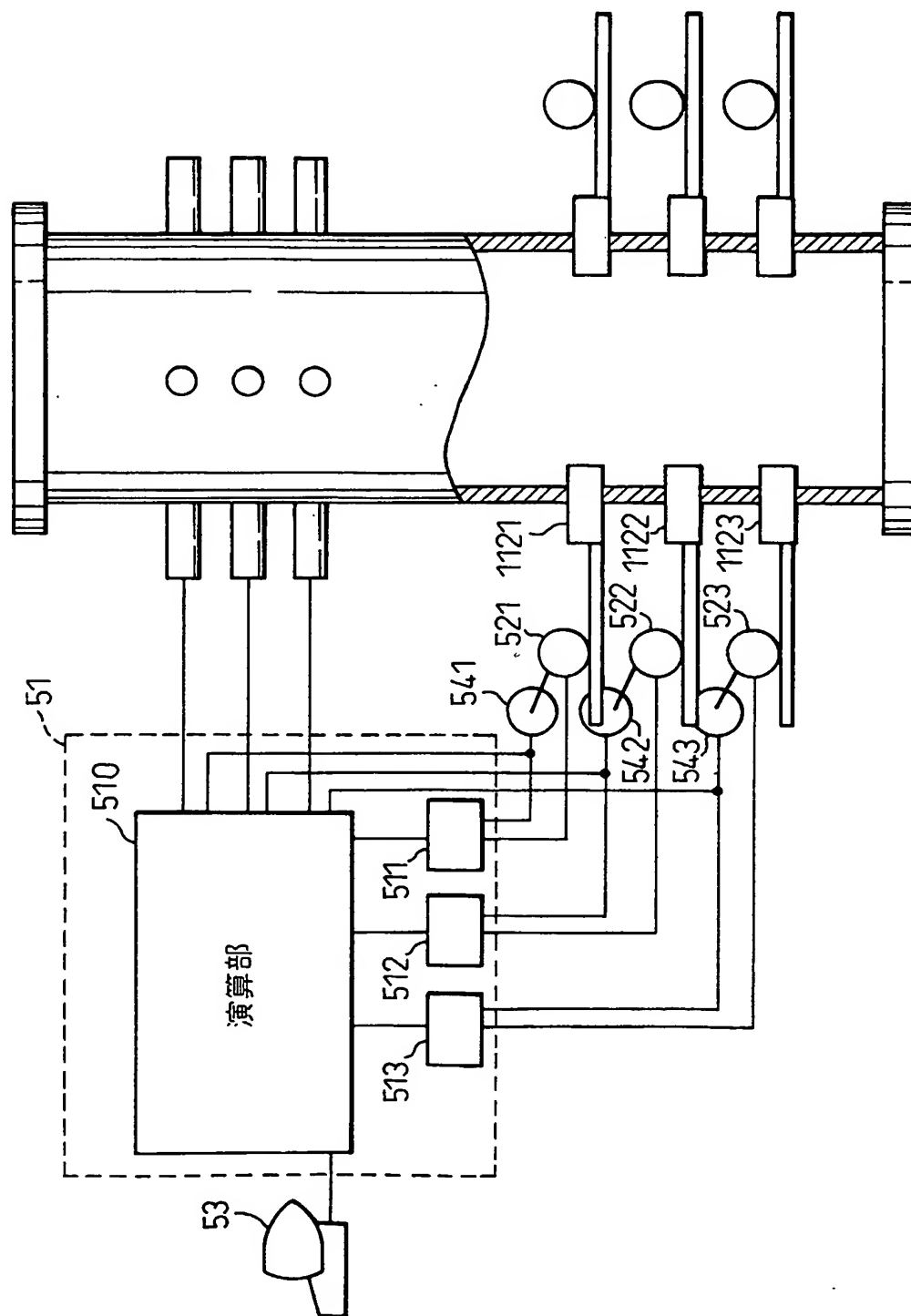
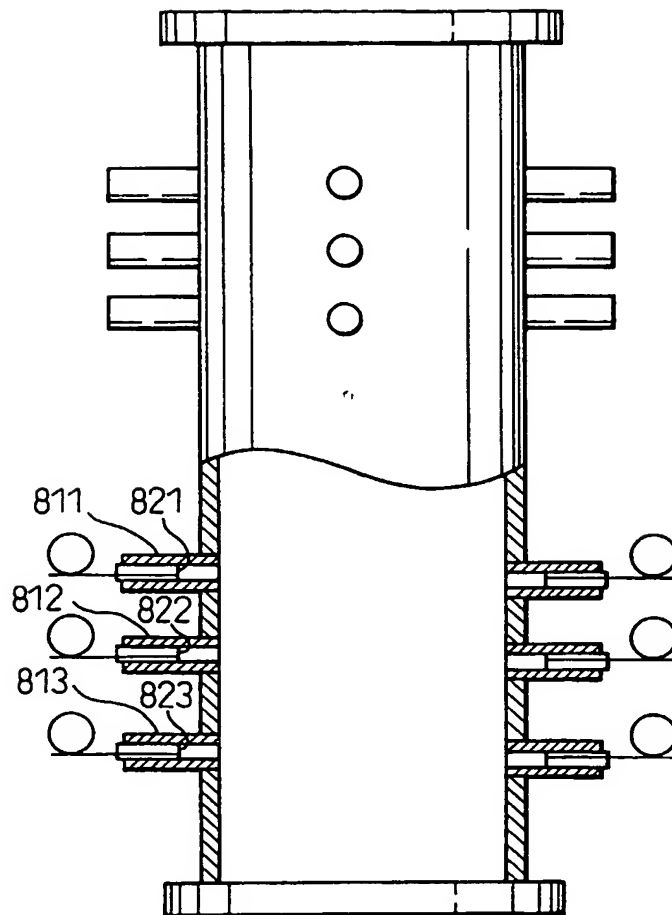


FIG. 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09404

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H05H1/00, 1/46, H01L21/205, C23C16/511

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl.⁷ H05H1/00, 1/46, H01L21/3065, H01L21/205, C23C14/22, C23C16/511, B01J19/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1940-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2001-320227 A (Tokyo Electron Ltd.), 16 November, 2001 (16.11.01), Claim 6; Par. Nos. [0013] to [0014], [0055] to [0057], [0082] to [0083]; Fig. 1 (Family: none)	1, 5, 6
X Y	JP 2001-68458 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 16 March, 2001 (16.03.01), Par. Nos. [0072] to [0073], [0078] to [0086], [0091]; Fig. 13 (Family: none)	1, 5 6
Y	JP 9-190900 A (Tokyo Electron Ltd.), 22 July, 1997 (22.07.97), Par. Nos. [0019] to [0022]; Figs. 2 to 3 & US 6161498 A1	6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28 October, 2003 (28.10.03)

Date of mailing of the international search report
18 November, 2003 (18.11.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/09404

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-195698 A (Nihon Koshuha Co., Ltd.), 14 July, 2000 (14.07.00), Par. Nos. [0013] to [0024]; Figs. 3, 4 (Family: none)	2, 4, 7
A	JP 7-65993 A (Anelva Corp.), 10 March, 1995 (10.03.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 10-335095 A (Hitachi, Ltd.), 18 December, 1998 (18.12.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 11-40396 A (Canon Inc.), 12 February, 1999 (12.02.99), Par. Nos. [0025] to [0043]; Fig. 3 & EP 880163 A2 & US 6031198 A1	1-8
P,X	JP 2003-204237 A (Daihen Corp.), 18 July, 2003 (18.07.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1' H05H1/00, 1/46, H01L21/205, C23C16/511

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1' H05H1/00, 1/46, H01L21/3065, H01L21/205, C23C14/22, C23C16/511, B01J19/08

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1940-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2001-320227 A(東京エレクトロン株式会社) 2001.11.16 請求項6, 段落0013-0014, 0055-0057, 0082-0083, 図1 (ファミリーなし)	1, 5, 6
X	JP 2001-68458 A(住友金属工業株式会社) 2001.03.16 段落0072-0073, 0078-0086, 0091, 図13	1, 5
Y	(ファミリーなし)	6
Y	JP 9-190900 A(東京エレクトロン株式会社) 1997.07.22 段落0019-0022, 図2-3 &US 6161498 A1	6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28.10.03

国際調査報告の発送日

18.11.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

山口 敦司

2M

9216

電話番号 03-3581-1101 内線 6234

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2000-195698 A(日本高周波株式会社) 2000.07.14 段落0013-0024, 図3, 4 (ファミリーなし)	2, 4, 7
A	JP 7-65993 A(日電アネルバ株式会社) 1995.03.10 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 10-335095 A(株式会社日立製作所) 1998.12.18 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 11-40396 A(キャノン株式会社) 1999.02.12 段落0025-0043, 図3 &EP 880163 A2 &US 6031198 A1	1-8
P, X	JP 2003-204237 A(株式会社ダイヘン) 2003.07.18 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8